

Figure 30 : distribution horaire de l'utilisation de la FAF – élevage 6

Eleveur 6

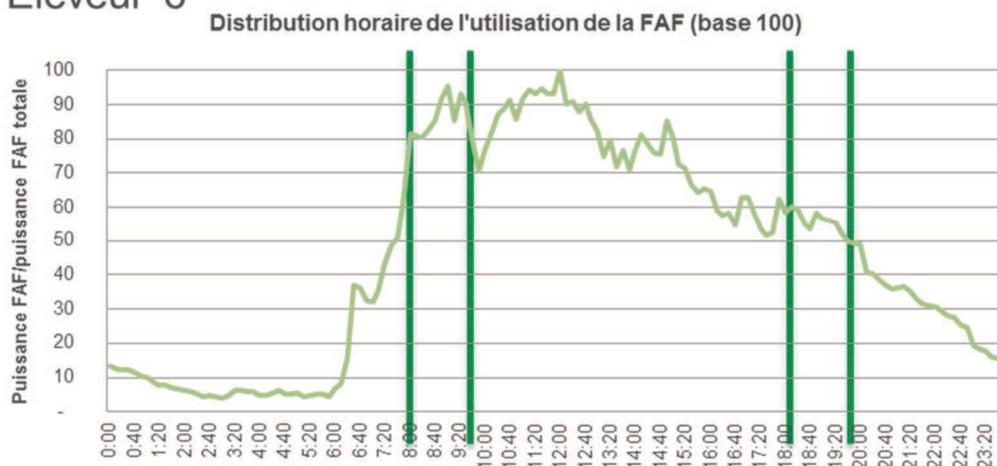
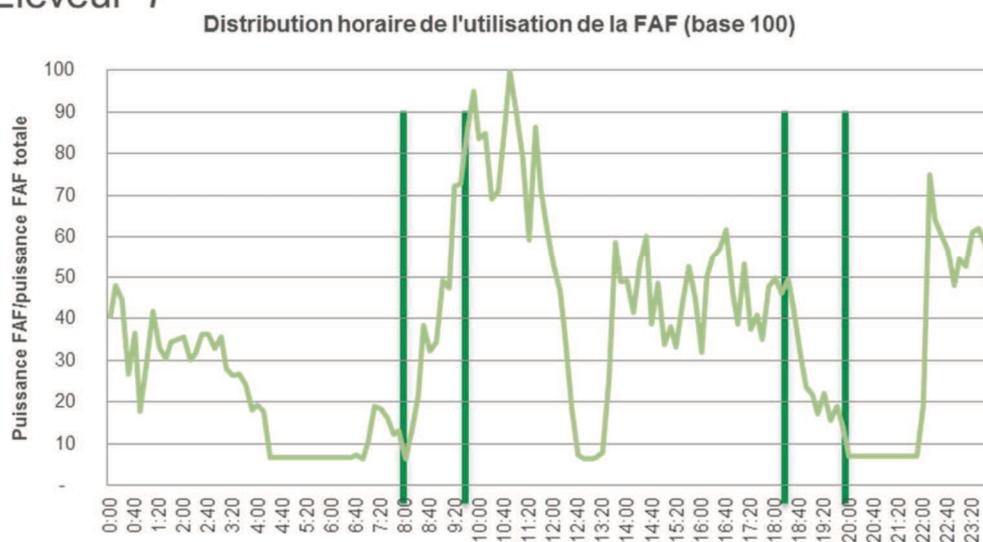


Figure 31 : distribution horaire de l'utilisation de la FAF – élevage 7

Eleveur 7



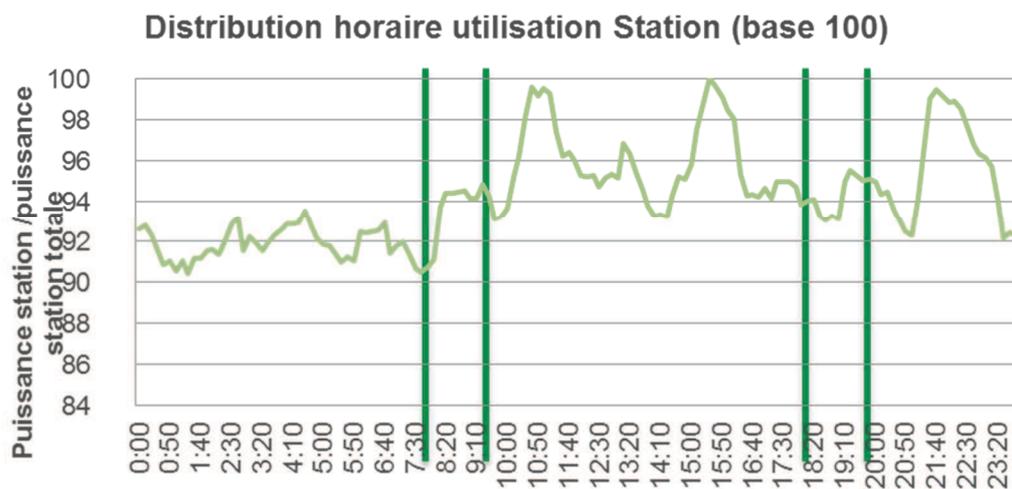
Analyse détaillée des stations

3 éleveurs disposant de stations ont pu être mesurés. Le fonctionnement des stations est complexe et implique plusieurs processus et équipements associés (transfert, centrifugation, aération). Seuls quelques processus peuvent être aménagés (mis en série, décalés dans le temps). Il s'agit le plus souvent du transfert des lisiers depuis l'élevage vers la station. Les processus en station sont difficiles à aménager sous peine de rompre l'équilibre biologique qu'ils doivent maintenir.

Les horaires d'utilisation des stations ont été étudiés selon la même méthodologie que pour les FAF.

Figure 32 : distribution horaire de l'utilisation de la station – élevage 1

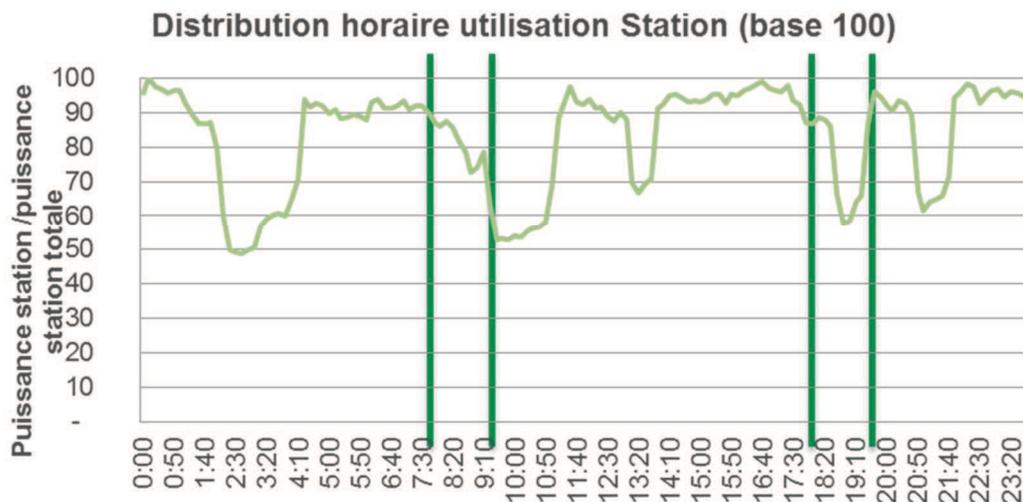
Eleveur 1



Commentaire : très peu de leviers d'action.

Figure 33 : distribution horaire de l'utilisation de la station – élevage 2

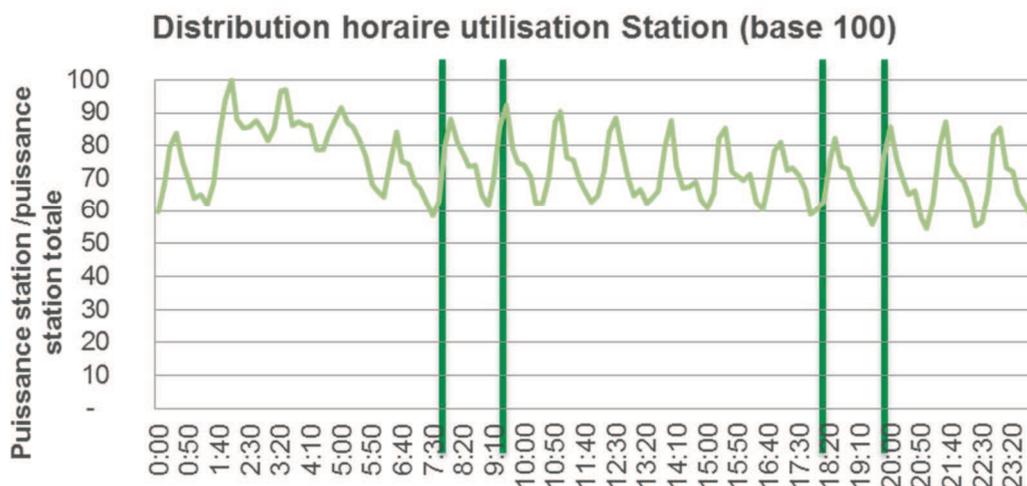
Eleveur 2



Commentaire : très peu de leviers d'action.

Figure 34 : distribution horaire de l'utilisation de la station – élevage 3

Eleveur 3



Commentaire : le profil des différentes pointes correspond à l'activation des pompes de transfert. A noter que le processus utilise 2 pompes de transfert utilisées simultanément. Ces deux pompes pourraient être utilisées l'une après l'autre. L'économie sur la pointe de courbe de charge serait d'environ 10-15kW.

Revue des autres postes

Plusieurs postes n'ont pas été instrumentés mais leur profil de courbe de charge peut néanmoins être analysé et commenté :

- Eclairage : quasi systématiquement à base de type fluo économes en énergie, la puissance appelée est relativement faible. Les technologies les plus avancées de type « LED » ne permettent pas de réaliser des gains très significatifs par rapport au tube fluo économe (gain LED <20% sur la consommation d'énergie mais impact significatif sur le coût de l'équipement en raison de sa durée de vie très supérieure). Au-delà du rendement énergétique, les horaires d'utilisation de l'éclairage ne peuvent être aménagés sous peine de redéfinir l'organisation du travail de l'éleveur.
- Pompes à eau de nettoyage : moteurs typiquement de quelques kW. Peut représenter une part non négligeable de la pointe chez les petits éleveurs (~10-15% de la pointe). Cette part est moindre chez les plus gros éleveurs (5-10%) qui n'ont pas forcément un plus grand nombre de pompes à faire tourner en parallèle, mais plutôt le même nombre de pompes que les petits éleveurs qu'ils utilisent plus longtemps pour laver une superficie plus grande.
- Pompe à eau de nappe pour remonter l'eau d'une source à fin d'abreuver l'élevage : poste de faible puissance et souvent de type base.
- Autres : compresseur, pompes de transfert, divers selon la configuration et l'organisation de l'élevage, ces autres plusieurs autres postes appellent de la puissance ponctuellement, mais jamais de manière significative par rapport au total de la pointe.

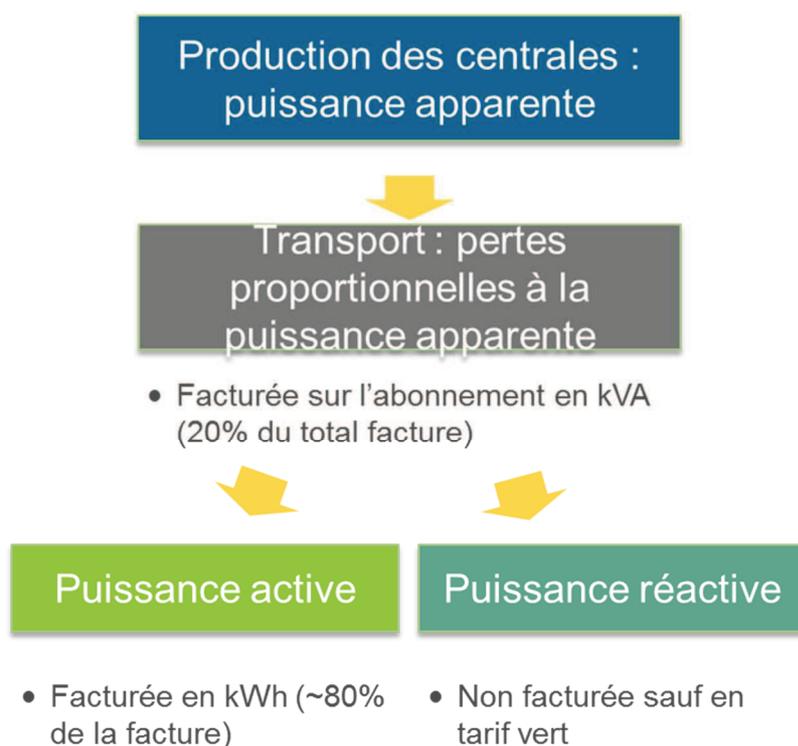
Analyse des effets du facteur de puissance

Le facteur de puissance correspond à la proportion de la puissance active sur la puissance apparente appelée par l'élevage. Dans la majorité des élevages, le facteur de puissance se situe entre 0,75 et 0,8. En effet les élevages appellent une quantité importante de puissance réactive, notamment pour le fonctionnement des ventilateurs ou pompes (lorsqu'elles sont à mi régime) ou pour les lampes infrarouges qui ne disposent pas de compensateur électronique.

Il est possible de « compenser » le facteur de puissance, en utilisant des boîtiers de condensateurs qui transforment la puissance active en puissance réactive. Ces boîtiers s'installent au point de livraison EDF. Les élevages disposant de tels boîtiers vont ainsi augmenter leur facteur de puissance : pour une puissance active donnée, ils appelleront moins de puissance apparente. Or, les réseaux de transport et distribution sont dimensionnés pour la puissance apparente qu'ils doivent acheminer. Ainsi les boîtiers de compensation permettent de soulager les réseaux jusqu'à ~20%.

Pour l'éleveur, le facteur de puissance a un impact financier. En tarif jaune (majorité des éleveurs), l'abonnement est souscrit selon la quantité de puissance apparente appelée. Une amélioration du facteur de puissance permet donc de réduire la puissance apparente souscrite (le choix de la puissance souscrite se fait par incréments de 6kVA en tarif jaune ce qui offre une grande flexibilité). La partie abonnement pèse généralement 15-20% de la facture de l'éleveur. Ainsi un gain de 20% sur le facteur de puissance et sur la puissance souscrite peut se traduire par un gain de ~3-4% sur la facture annuelle. A noter que plusieurs distributeurs de boîtiers de compensations indiquent de manière trompeuse que le gain sera de 20% sur la totalité de la facture.

. Figure 35 : Illustration explicative sur la puissance active et réactive

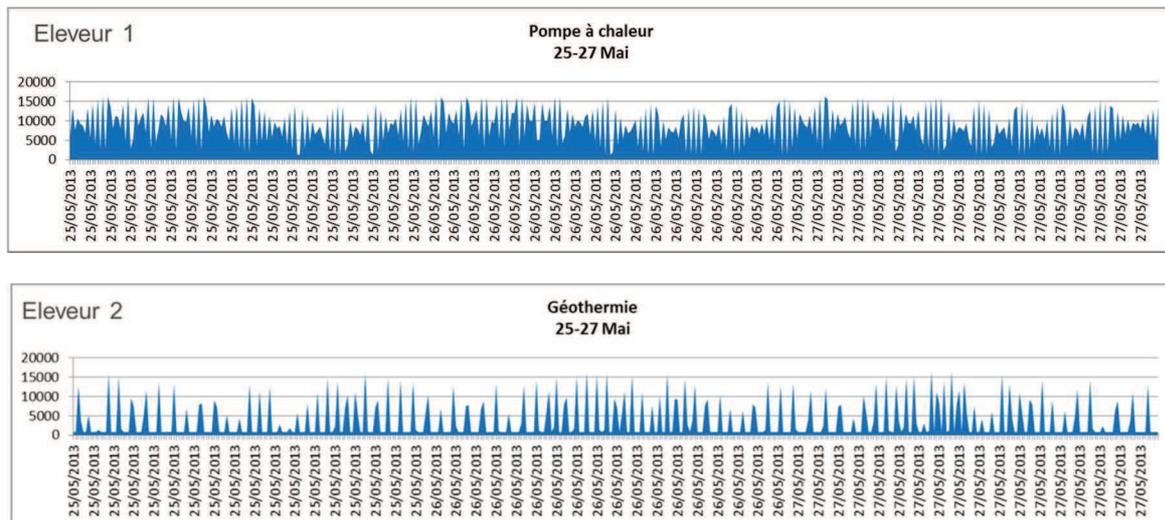


$$\text{Facteur de puissance} = \frac{P \text{ active}}{P \text{ apparente}}$$

Analyse des pompes à chaleur et géothermie

Le fonctionnement des pompes à chaleur ou pompes de géothermie peut générer des à-coups d'appel de puissance dans le réseau électrique. En effet, certains modèles de pompe fonctionnent quelques minutes à plein régime puis se coupent et ne reprennent qu'un peu plus tard lorsqu'une nouvelle production de chaleur est nécessaire. Ce mode de fonctionnement s'explique pour deux raisons : d'une part à plein régime le compresseur offre un bon rendement – ainsi le coefficient de performance de la PAC sera meilleur – et d'autre part, ce mode économise le coût d'installation d'un régulateur de puissance qui serait nécessaire pour faire fonctionner le compresseur en mi régime. Par opposition, un radiateur électrique peut facilement moduler la puissance appelée en fonction du besoin de chaleur demandé et ainsi « lisser » sa courbe de charge.

Figure 36 : courbe de charge des compresseurs de PAC ou géothermie



Commentaire :

La géothermie de l'élevage 1 appelle une puissance moyenne de ~4kW alors que son fonctionnement alterne entre l'arrêt et des pointes allant jusqu'à de 15kW. En considérant un COP de ~3, la puissance appelée par un radiateur électrique de même puissance thermique serait ainsi de ~12kW en moyenne, avec probablement des oscillations entre 10 et 14kW. Au final, et dans le cas présent, l'utilisation d'une PAC n'est donc pas « pire » pour les pointes de courbe de charge qu'un radiateur électrique.

I.5 Possibilités d'effacement

Effacement par l'utilisation du groupe électrogène

La quasi-totalité des éleveurs de l'échantillon – (70% en moyenne nationale) dispose d'un groupe électrogène de secours pouvant couvrir la totalité du besoin de l'élevage. Par ailleurs, la majorité des éleveurs a souscrit au tarif EDF EJP qui leur permet théoriquement de valoriser leur groupe électrogène en économie de facture énergie.

Cependant un nombre important d'éleveurs déclare aujourd'hui vouloir sortir du tarif EJP (dont l'arrêt est par ailleurs programmé prochainement par la loi NOME), en raison d'un manque d'attractivité au regard de contraintes jugées excessives :

- Un avantage économique réduit compte tenu de la hausse du prix du carburant non reflétée dans l'avantage économique du tarif EJP
- Un risque économique élevé : en cas de défaut du groupe lors de l'EJP ou d'oubli de l'éleveur, des pénalités financières très élevées.

Plus spécifiquement, l'éleveur est prêt à assurer la maintenance minimum de son groupe pour assurer la fonction de secours nécessaire pour sécuriser son élevage. Mais l'éleveur considère qu'aller au-delà de la fonction de secours et utiliser le groupe comme un outil de production n'est pas de son ressort ou de sa compétence.

Il ressort qu'une condition clé pour faire entrer l'éleveur dans un schéma d'effacement via son groupe électrogène est d'offrir une compensation économique significative (>5% de sa facture globale).

En termes de mise en œuvre opérationnelle, l'éleveur est déjà habitué à se renseigner sur les journées d'effacement et pourra donc s'adapter à un schéma du même type. Par ailleurs ce mode de fonctionnement ne modifie pas sa conduite ou sa façon de travailler (sauf les cas où le groupe est sous-dimensionné).

En synthèse : un effacement par groupe électrogène peut être pertinent (100% d'effacement) à condition d'être adopté par les éleveurs. Une révision du fonctionnement EJP et une offre financièrement attractive, associée à un risque faible en termes de pénalités, pourrait rencontrer une bonne adhésion à condition d'être bien communiquée et de se démarquer de la mauvaise image perçue du tarif EJP. La mise en œuvre d'un tel dispositif nécessite une taille critique minimum, d'au moins 1 MW qu'il semble possible d'atteindre et même de dépasser (1 MW correspond à environ 20 élevages moyens de ~50kW).

Effacement diffus

La question de l'intérêt pour un mécanisme d'effacement diffus a été posée à la majorité des éleveurs. Il ressort que les éleveurs seraient prêts à étudier le mécanisme et posent trois questions :

- Y a-t-il un risque technique à couper le chauffage pendant une courte période : 5, 10 ou 15mn ?
- Quelle serait l'encouragement, notamment financier, pour participer à ce programme ?
- Quelles seraient les modalités pratiques d'implémentation d'un tel mécanisme.

Clairement l'éleveur a conscience qu'il est généralement mauvais de sacrifier l'apport d'énergie thermique aux animaux, d'un point de vue économique (le gain en énergie est inférieur à la perte de productivité exprimée en kg de croit ou en kg d'aliment additionnel pour compenser la perte thermique). Cependant l'impact d'une coupure de 15mn si elle était compensée immédiatement après par un sur-chauffage n'est pas connu.

Au niveau des attentes économiques, aucune réponse n'a été clairement formulée par les éleveurs, mais il serait sans doute vain de leur proposer un avantage inférieur à 5% de gains sur leur facture.

Au niveau de l'implémentation, les configurations de commande du chauffage diffèrent d'un élevage à l'autre. Parfois l'ensemble du chauffage est groupé sur un même tableau électrique, parfois il faut y accéder par autant d'armoires que de salles. Seul le premier cas permettrait un déploiement à un coût raisonnable.

En synthèse : l'effacement diffus semble être un levier attractif qui pourrait générer jusqu'à 25% d'écrêtement des pointes, mais dont la faisabilité doit être étudiée de manière plus approfondie en menant par exemple des tests pilote auprès d'un échantillon d'éleveurs.

Effacement par groupe électrogène vs. Effacement diffus

Les deux solutions ont leurs avantages et inconvénients.

L'effacement par groupe électrogène est radical (100% de coupure de la pointe), mais nécessite une implication forte de l'éleveur (entretien de son groupe électrogène, respect du planning préconisé) et doit s'aligner sur un coût structurellement élevé (coût de l'énergie d'un groupe). Egalement ce type d'effacement ne peut être totalement spontané (il doit être anticipé de quelques jours pour pouvoir prévenir l'éleveur). De plus ce mode de fonctionnement est plutôt mal aimé des éleveurs (mauvaise image de EJP).

L'effacement « diffus » par coupure de chauffage n'effacerait que 25% des pointes mais présenterait une bien meilleure souplesse d'utilisation : il pourrait être activé assez fréquemment et sans préavis pour réagir à d'éventuels imprévus de la courbe de charge du réseau. Son coût serait également plus raisonnable que celui de l'effacement par groupe électrogène. A noter toutefois que son utilisation nécessite une validation technique préalable (acceptabilité de l'impact sur les températures de salle de la coupure).

Note sur l'extrapolation aux mois d'hiver

La surconsommation hivernale, généralement estimée à 10-20% par rapport aux mois des autres saisons porte naturellement sur le chauffage. Le chauffage étant un poste de type « base », l'impact de l'hiver se traduit par un décalage de l'ensemble de la courbe vers le haut, d'une amplitude de 10-20%.

Les pointes restent ainsi provoquées par des postes de type FAF (ou station), et leur niveau se trouve également décalées vers le haut de 10-20%.

I.6 Synthèse et leviers d'action

En synthèse des différentes analyses menées, plusieurs leviers d'actions ont été identifiés. Cumulés, ils pourraient contribuer à effacer plus de 50% des pointes d'appel de puissance.

Afin que le potentiel de gain de ces leviers puisse être réalisé auprès du plus grand nombre d'éleveurs, il est nécessaire que les éleveurs y trouvent un intérêt direct. Le plus souvent le mécanisme le plus efficace est une incitation matérialisée par un gain financier, idéalement sans investissement initial ou avec un investissement rentabilisé en moins de 5 ans.

Le tableau ci-dessous synthétise les leviers identifiés avec les gains réseau correspondant et des suggestions de politique d'encouragement.

Leviers	Gains réseau	Gain éleveur / politique d'encouragement
<ul style="list-style-type: none"> • Aménager les horaires d'utilisation des FAF et stations (broyage et mélange de nuit) 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à ~50% sur les pointes pour certains élevages 	<ul style="list-style-type: none"> • Economie liée au tarif heure creuse (-30%) : jusqu'à -5% sur le total facture • CEE sur les investissements d'automatisation de fabrique
<ul style="list-style-type: none"> • Installer des boîtiers condensateurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à -20-25% d'utilisation permanente de la capacité réseau 	<ul style="list-style-type: none"> • Retour sur investissement < 3ans • CEE sur les condensateurs • Communication pour vulgariser le sujet
<ul style="list-style-type: none"> • Installer des PAC à variateur de puissance 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire la charge globale du réseau jusqu'à 20% 	<ul style="list-style-type: none"> • Retour sur investissement ~5-7ans • CEE sur les PAC à variateur
<ul style="list-style-type: none"> • Effacement par groupe électrogène ou « diffus » sur le chauffage (en jouant sur l'inertie thermique du bâtiment, notamment en post sevrage) 	<ul style="list-style-type: none"> • Atténuer les pointes réseau : jusqu'à ~25% pendant ~30mn 	<ul style="list-style-type: none"> • Création d'un agrégateur d'effacement par la filière avec redistribution financière aux éleveurs participant

II. Synthèse sur les analyses d'efficacité énergétique des élevages

II.1 Approche générale sur l'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique est également un levier d'action sur la courbe de charge. Baisser la puissance moyenne appelée des postes de type « base » contribuera aussi à baisser le total de puissance appelée et ainsi la consommation en pointe. Toutefois, on observe que la « base », assimilable au talon de la courbe de charge ne pèse qu'environ 20 à 30% de la pointe (figure 14), ainsi l'impact sur les pointes des actions d'efficacité énergétique sera significativement moindre qu'une action directe sur les postes de type « pointe »

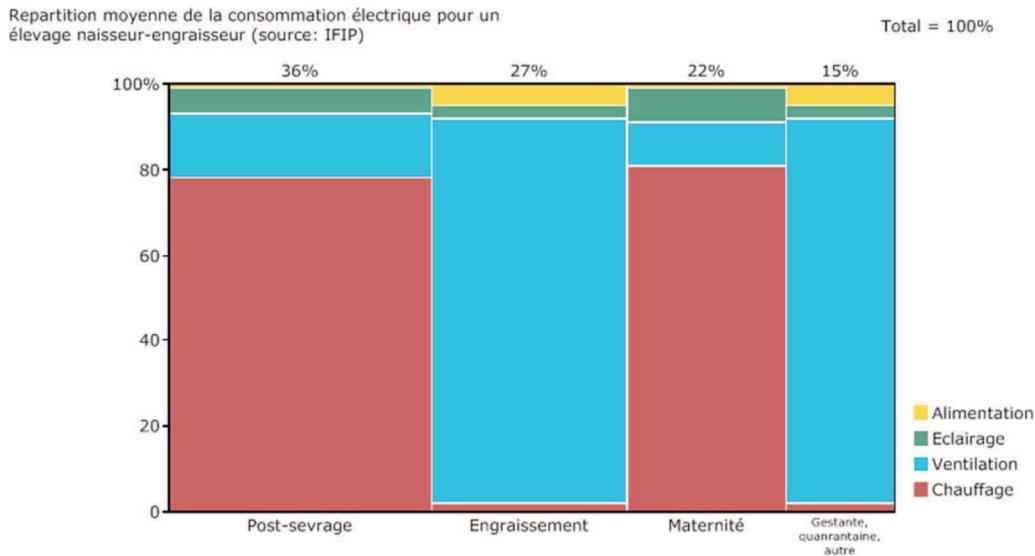
Les postes de type « base » constituent une part importante de la facture totale : de ~60 à 90% selon la configuration de l'élevage. Ainsi, vu de l'éleveur, toute action d'efficacité énergétique sur ces postes peut se traduire par une baisse de facture significative, ce qui peut faciliter le déploiement à grande échelle de telles initiatives.

L'identification de leviers d'efficacité énergétique a donc été intégrée dans l'étude, en menant des analyses comparatives entre les élevages sur la base de ratios de consommation normalisées :

- Consommation générale de l'élevage : en kWh / truie / an. Des postes spécifiques tels que FAF et station, ont été séparés lorsque cela était possible,
- Chauffage maternité (~20-25% de la facture totale), exprimé en kWh / truie / an et kWh / kg de carcasse produit / an,
- Chauffage post-sevrage (~25-30% de la facture totale), exprimé en kWh / porcelet / an et kWh / kg de carcasse produit / an,
- Ventilation engraissement (~25-30% de la facture totale), exprimé en kWh / porc / an et kWh / kg de carcasse produit / an.

Les valeurs obtenues pour les différents élevages seront mises en perspective de facteurs explicatifs : performance énergétique des équipements, mode de conduite (âge au sevrage, ..).

Figure 37 : Rappel des consommations moyennes par poste (source IFIP)



Impact de l'état général des installations sur l'efficacité énergétique

L'état général des installations se caractérise par plusieurs critères :

- Organisation générale du réseau électrique de l'élevage: bonne répartition des tableaux divisionnaires et des sous-tableaux par bâtiment et fonction,
- Dimensionnement des armoires et équipement : adéquation du dimensionnement des câbles et des équipements de sécurité (sectionneurs, disjoncteurs, différentiels),
- Qualité du montage et des composants : étanchéité des armoires, état d'usure des conducteurs, qualité des mises à la terre.

Il faut noter que l'état général de l'installation doit se conformer à des normes réglementaires, notamment prévue pour la sécurité des personnes et du site (risque d'électrisation / électrocution, risque d'incendie).

Il est également important de noter que l'état générale de l'installation n'a quasiment pas d'impact sur l'efficacité énergétique. A la différence d'un réseau d'eau ou de gaz, il ne peut exister de fuite de courant électrique sans que l'installation ne disjoncte. Le seul gaspillage possible serait dû à un sous-dimensionnement de câbles provoquant une surchauffe et des pertes par effet joule. Un tel effet se limiterait à des pertes inférieures à 1%.

Sans être en mesure de porter un jugement valable par rapport aux obligations réglementaires en vigueur, l'intervention auprès des éleveurs a permis néanmoins d'apporter certains commentaires sur l'état des installations :

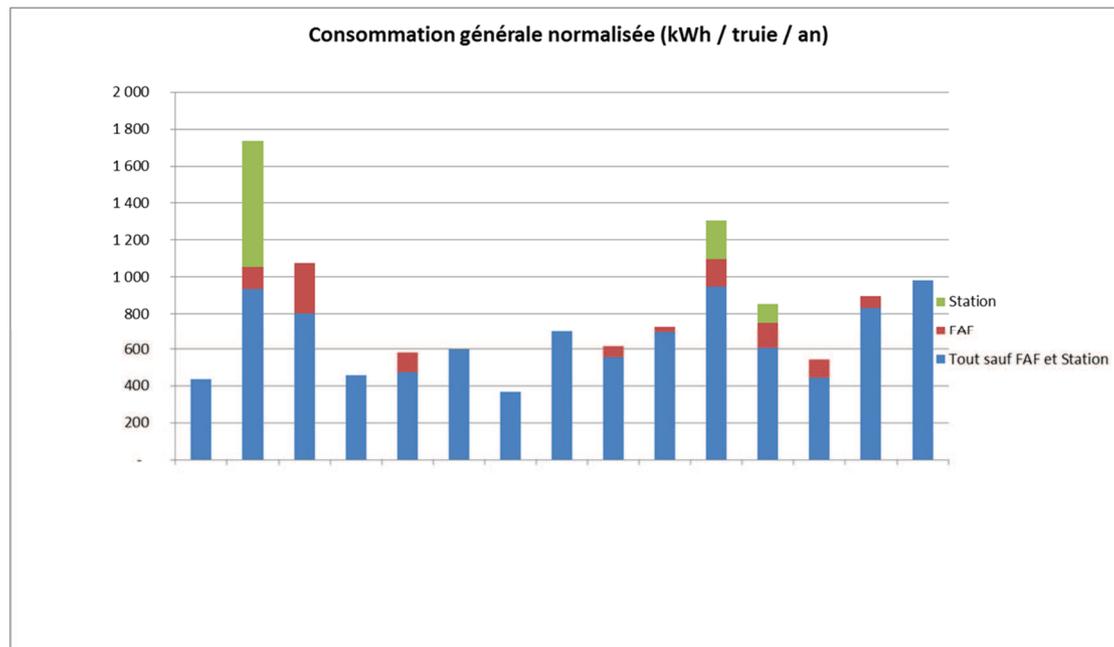
- Sauf trois ou quatre exceptions, l'état des installations est assez moyen,
- Quelques installations n'ont pas de Tableau Général Basse Tension (TGBT) équipé d'un disjoncteur différentiel général,
- Fréquemment le réseau électrique s'est construit par ajouts successifs de boîtiers de dérivation et de petites armoires au lieu d'une réfection autour de quelques tableaux divisionnaires correctement organisés et dimensionnés ; à noter que cela pose des problèmes de sécurité quant à la mise à la terre des équipements,
- Environ un quart des installations comporte des parties sous-dimensionnées (surchauffe notoire des câbles),
- Des équipements vétustes sont souvent rencontrés (armoires en bois par exemple) et des problèmes posant des risques sur la sécurité ne sont pas toujours résolus rapidement (ex : fuite d'eau juste au-dessus d'une armoire).

Ces observations traduisent un manque d'investissement dans l'installation, mais pour autant aucun incidents graves (départ d'incendie, électrisation) n'ont été portés à notre connaissance. Cette situation est assez typique d'artisans ou de PME. Il semble qu'il y ait peu de leviers efficaces pour encourager les éleveurs à investir dans la qualité de leur installation, excepté les expertises et contrôles parfois effectués par leurs assureurs.

II.2 Revue comparée des consommations entre élevages, poste par poste

Consommation générale élevage

Figure 38 : Comparaison des consommations générales normalisées



On note que l'ensemble des élevages de l'échantillon se situe sous la moyenne nationale IFIP (à noter que la moyenne région Bretagne de l'IFIP est également inférieure à la moyenne nationale).

On observe également une amplitude importante de variation pour les consommations hors FAF et Station : de 400 à 900 kWh / truie / an. Ces fortes variations s'expliquent par plusieurs facteurs :

- **Rendement des équipements :**

- Les systèmes de type **PAC** ou **géothermie** offrent un « COP – coefficient de performance » situé entre 2 et 3,5. Pour produire la même quantité de chaleur ils consomment de 50 à 70% d'énergie électrique en moins,
- Les **échangeurs de chaleur** récupèrent la chaleur de l'air vicié expulsé pour préchauffer l'air entrant. L'économie d'énergie peut dépasser 50%,
- Les ventilateurs à commande en **fréquence variable** permettent d'obtenir un contrôle plus précis de la vitesse du ventilateur et offrent une économie sur la

consommation grâce à un rendement amélioré par rapport à la régulation de puissance en tension (système de base).

- **Mode et contraintes de conduite**

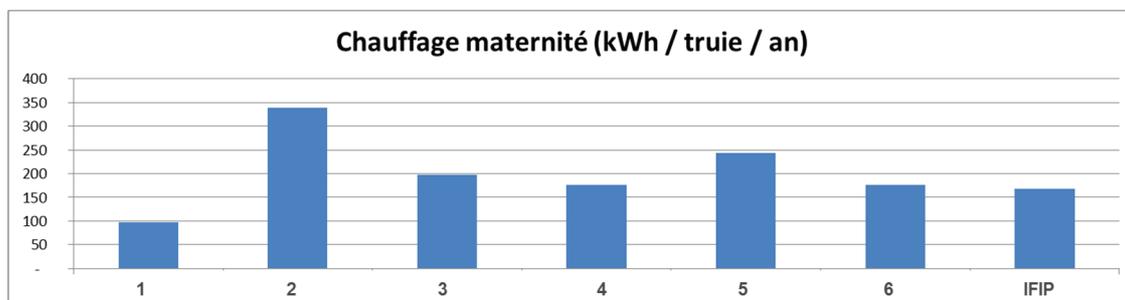
- Le choix des consignes de température et de ventilation est à la discrétion de l'éleveur et influe fortement sur la performance technique. La recherche de niveaux de température adaptés aux conditions de l'élevage contribue à une vitesse de croissance plus élevée en PS. Une meilleure ventilation améliore l'ambiance, réduit les risques sanitaires et améliore le bien-être des animaux. Ces facteurs peuvent se traduire par une différence de performance technique pouvant aller jusqu'à 10 jours sur la durée d'engraissement (à poids égal),
- Certains élevages respectent les contraintes « Label Rouge » : durée d'engraissement plus élevée que les autres élevages ; densité d'animaux plus faible impliquant un effort de chauffage supérieur.

L'éleveur qui investit dans un équipement d'efficacité énergétique bénéficie d'un gain potentiel en économie d'énergie. L'éleveur peut soit réaliser la totalité des économies potentielles, soit, dans le cas des équipements de chauffage, n'en réaliser qu'une partie et en profiter pour améliorer sa conduite, par exemple en montant légèrement ses consignes de température. Il faut noter que ce type de changement peut aussi se passer à l'occasion d'évolutions plus profondes dans le mode de conduite de l'éleveur.

Un exemple intéressant est celui d'un éleveur qui a profité de l'installation d'une géothermie pour réorganiser sa conduite. Il a ainsi gagné 10 jours sur la durée de cycle complet de ses porcs. L'éleveur estime que l'amélioration des consignes rendue possible par la géothermie est un des facteurs clé de cette optimisation.

Chauffage maternité

Figure 39 : Comparaison des consommations normalisées de chauffage maternité



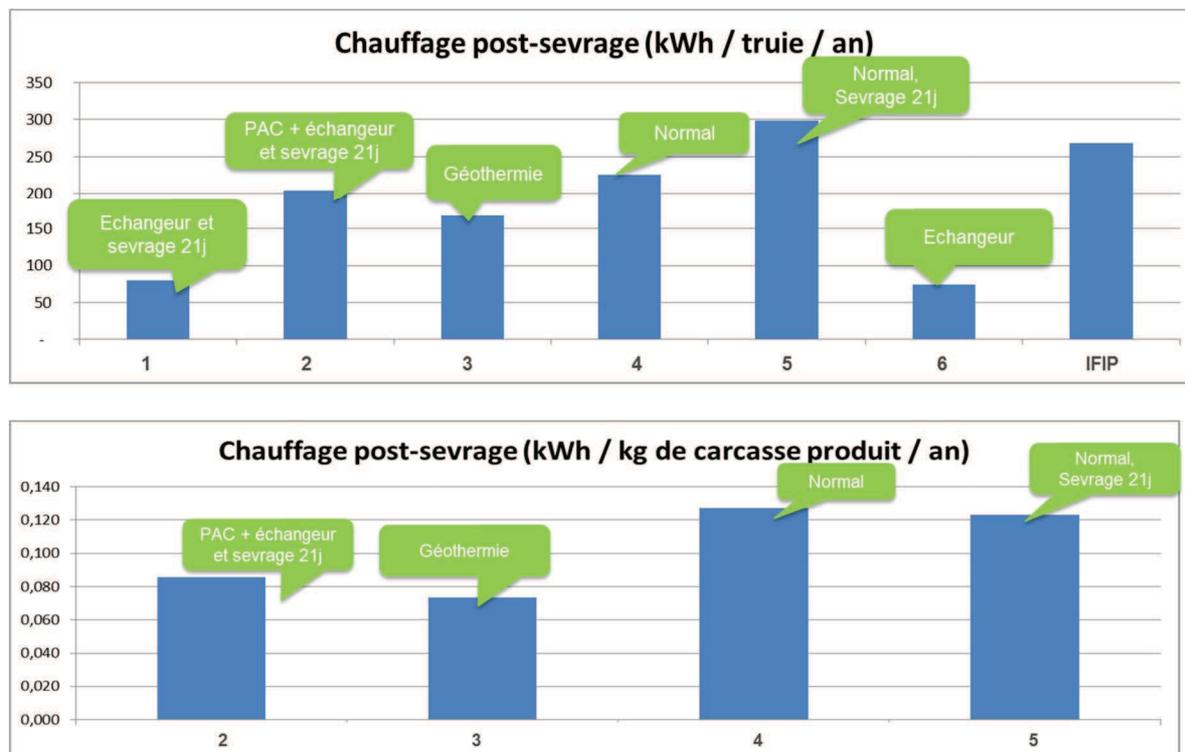
Exploitant	Durée maternité+sevrage	Puissance (W) / place	Consigne (°C)	Guillotine ventilation	Nb truies/bande	Nb bandes
Eleveur 1	28 jours	PAC + 1 x 175 W à la mise bas	Tout ou rien	Oui	36	7
Eleveur 2	21 jours	Plaque eau chaude + 2 x 175 + 1 x 175	25°	Oui	48	20
Eleveur 3	28 jours	175W régulée + 175 à la mise bas	Tout ou rien	Non	30	7
Eleveur 4	26 jours	175W régulée + 175 à la mise bas	26,5 puis 23,5	Non	55	10
Eleveur 5	28 jours	175 + 1 deuxième à la mise bas pour 3 truies	28 puis 24	Oui	32	7
Eleveur 6	21 jours	175W régulée + 175 à la mise bas	26 puis 22	Oui	38	4

La **PAC** abaisse de ~50% la consommation, et permet probablement de gagner en confort (le potentiel typique de gain d'une PAC est de 60-70%). A noter : en maternité, une PAC exige l'installation de plaques de chauffage à circulation d'eau, ce qui peut selon certains éleveurs créer un désagrément pour la truie (air d'ambiance trop réchauffé) et réduire la performance technique (notamment moins bonne lactation).

Note : l'âge au sevrage impacte directement les consommations normalisées dans la mesure où la période de chauffage est plus longue avec un âge au sevrage plus élevé.

Chauffage Post Sevrage

Figure 40 : Comparaison des consommations normalisées de chauffage post-sevrage



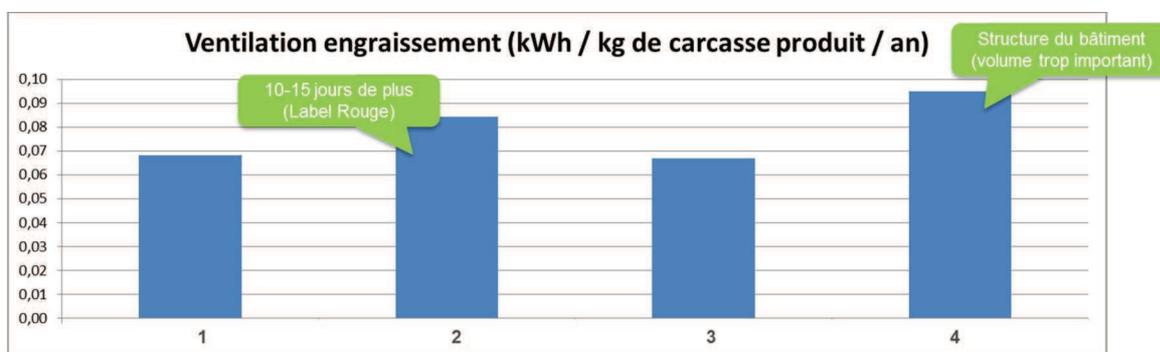
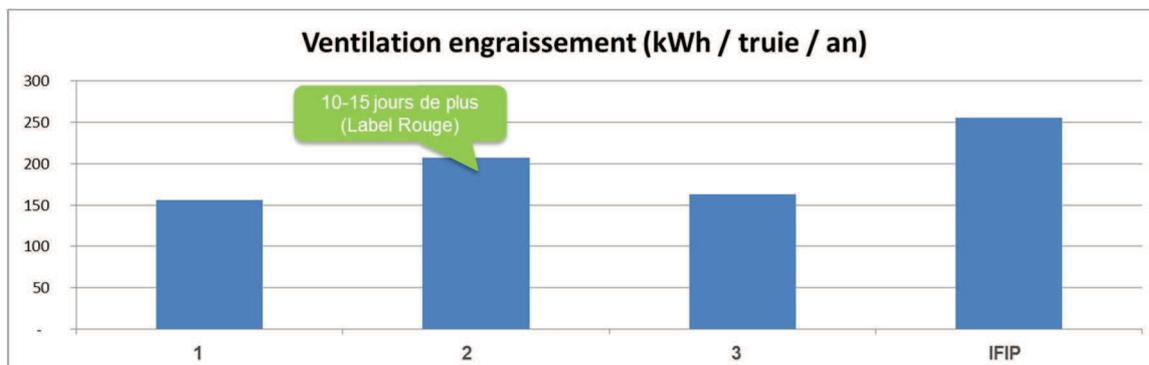
Exploitant	Age au sevrage	Type de chauffage	Nombre de truies par bande	Nombre de bandes
1	21 jours	PAC + Echangeur	48	20
2	21 jours	PAC + Echangeur	47	5
3	28 jours	Géothermie + Aérothermes	26	7
4	26 jours	Aérothermes	30	5
5	21 jours	Radiants	36	7
6	21 jours	Radiants + échangeur	38	4

En chauffage PS, l'échangeur de chaleur est une solution offrant de très bons gains d'efficacité (jusqu'à -70%). Les éleveurs concernés confirment également des gains en confort de conduite et ne notent aucun désagrément particulier.

Les PAC ou géothermie offrent un gain d'un facteur ~3 (coefficient de performance) soit jusqu'à ~70% d'économie. Cependant on constate un gain plutôt situé autour de ~30% d'économie par rapport aux élevages standards de l'échantillon. Les éleveurs équipés de PAC indiquent qu'ils profitent également de leur investissement pour augmenter leurs températures de conduite. Toutefois ces éléments ne sont basés que sur l'échantillon de l'étude, trop restreint pour en généraliser les enseignements sur ce point.

Ventilation engraissement

Figure 41 : Comparaison des consommations normalisées de ventilation engraissement



Exploitant	Durée engraissement	Type de ventilation	Nombre de truies par bande	Nombre de bandes
1	115 jours	Ventilateurs régulés	48	20
2	130 jours	Ventilateurs régulés	58	10
3	115 jours	Ventilateurs régulés	36	7
4	115 jours	Ventilateurs régulés	38	4

Les variations observées en engraissement sont moins significatives. Par ailleurs le potentiel de gain en performance technique semble plus limité sur ce poste. L'enjeu est donc de rechercher une amélioration du rendement des ventilateurs dont la plage de fonctionnement s'étale sur 30-100% du nominal. Deux technologies conviennent bien à cette problématique : La variation de vitesse en fréquence avec ventilation centralisée et la variation de tension sur moteurs à courant continu. Les gains peuvent atteindre 50 à 90%.

Entretien des équipements

De nombreux équipements d'exploitation peuvent perdre de leur efficacité s'ils ne sont pas correctement entretenus. Notamment, l'encrassement des appareils de chauffage réduit la portée de leur rayonnement (radiants) ou leur surface d'échange de chaleur (échangeur, PAC air-air).

L'encrassement affecte aussi les ventilateurs dont les moteurs doivent entrainer une masse plus importante pour une puissance de flux réduite.

L'impact d'un mauvais entretien peut rapidement atteindre 10% de baisse de rendement. Un nettoyage a minima tous les ans et idéalement tous les 6 mois permet d'y remédier.

Ce point, simple à mettre en œuvre semble pertinent, dans la mesure où peu d'éleveurs de l'échantillon ont déclaré en avoir conscience et suivre assidument un programme de nettoyage de leurs équipements.

Autres postes

Au-delà des 3 principaux postes mentionnés ci-dessus, les autres postes de consommations peuvent être revus sous l'angle de l'efficacité énergétique :

- Ventilation maternité et PS : compte pour 5 à 10% de la consommation et ne présente pas de leviers d'optimisation à fort rendement. Des initiatives sur ces postes seraient de seconde priorité par rapport aux postes principaux,
- Eclairage : tel que mentionné au I.4, le principal levier est l'utilisation de la technologie LED. Cependant le retour sur investissement de cette technologie est plutôt basé sur la prétendue durée de vie de la lampe (jusqu'à 50 000 heures vs. ~10 000 heures pour un néon) que sur son économie d'énergie (20%). Or aujourd'hui, les éleveurs déclarent manquer de recul sur la durée de vie des LED et préfèrent attendre avant d'investir,
- FAF : part faible de la facture totale (<10-15%) ; par ailleurs un potentiel significatif d'amélioration du rendement énergétique avec un retour sur investissement rapide n'est pas clairement identifié,
- Autres auxiliaires (pompes, compresseurs) : apparait comme étant de seconde priorité pour les éleveurs.

Optimisation tarifaire

Au-delà de l'efficacité énergétique, un levier d'optimisation réside dans les choix tarifaires de l'éleveur. Les tarifs jaunes et verts (85% de l'échantillon) offre plusieurs paramètres de choix :

- Puissance d'abonnement souscrite
- Différentiation horaire (heure pleine / heure creuse / heure pointe)
- Type d'utilisation (longue, moyenne, courte) qui joue sur l'équilibre entre le prix de l'abonnement et le prix de la consommation

Lors de l'étude, on a observé que les choix tarifaires de l'éleveur avaient été revus depuis peu de temps et il ressort que ce levier est souvent correctement optimisé :

- Environ 2/3 des éleveurs ont correctement optimisé leur tarifs et veillent à l'optimiser lors de tout changement de périmètre (nouveau bâtiment, FAF, ..)
- Environ 1/3 des éleveurs ont un tarif qui pourrait encore être légèrement optimisé, mais de manière non significative (1 à 2% maximum)

II.3 Synthèse : meilleures pratiques et leviers d'action

En synthèse nous produisons le récapitulatif des actions d'efficacité énergétique :

Leviers	% d'économie et gains indirects	Temps de retour sur investissement	Politique d'encouragement
<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage des équipements (dépoussiérage des radiants, échangeurs, ventilateurs au moins 1 x / an) 	<ul style="list-style-type: none"> • ~10% sur le poste concerné 	<ul style="list-style-type: none"> • Immédiat 	<ul style="list-style-type: none"> • CEE • Sensibilisation et communication
<ul style="list-style-type: none"> • Post Sevrage : échangeur de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 - 70% sur le poste • 10-20% sur facture totale • Gain en performance technique 	<ul style="list-style-type: none"> • En moyenne : 10 – 11 ans • À évaluer au cas par cas en fonction des devis reçus 	
<ul style="list-style-type: none"> • Post sevrage : production de chaleur à haut rendement (géothermie, PAC) 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 - 50% sur le poste • 5-12% sur la facture totale • Gain en performance technique 	<ul style="list-style-type: none"> • En moyenne : 12 ans • À évaluer au cas par cas en fonction des devis reçus 	
<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage Maternité : PAC avec plaques 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 à 50% sur le poste • 5-10% sur facture totale 	<ul style="list-style-type: none"> • En moyenne : 11 ans • Intégrer la complexité de mise en œuvre (installation de plaques à eau) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation engraissement : ventilation centralisée en fréquence variable 	<ul style="list-style-type: none"> • ~50% d'économie sur le poste (10-15% sur facture totale) 	<ul style="list-style-type: none"> • ~50% d'économie sur le poste (10-15% sur facture totale) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation engraissement : ventilateurs à courant continu 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 90% d'économie sur le poste (~20-25% sur facture totale) 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 90% d'économie sur le poste (~20-25% sur facture totale) 	

III. Travaux à mener pour approfondir les recommandations

Parmi les différentes recommandations émises, deux d'entre elles pourraient nécessiter des travaux additionnels pour valider leur faisabilité technique et leur pertinence :

III.1 Programmation des fabrications à la ferme en période creuse

Il a été établi que les fabrications à la ferme représentent environ 50% des pointes d'appel de puissance et que ces pointes tombent fréquemment pendant les heures de pointe du réseau. Le processus de fabrication peut être décalé en heures creuses, la nuit notamment, car les aliments fabriqués peuvent être stockés avant d'être distribués aux animaux. Cependant pour que ce décalage en heure creuse soit rendu possible, il est nécessaire que le système de fabrication dispose des automatisations et capacités de programmation requises, ce qui n'est pas toujours le cas. Il serait ainsi judicieux d'étudier sur un échantillon d'élevages l'état d'automatisation de la fabrication à la ferme ainsi que les éventuels investissements nécessaires pour une automatisation de la fabrication.

III.2 Effacement diffus

Les éleveurs se montrent éventuellement intéressés mais souhaiteraient mieux appréhender l'impact d'une coupure de chauffage de 15 ou 30mn sur les températures de salle et sur l'ambiance, ainsi que l'énergie de surchauffe ensuite nécessaire pour rattraper la perte thermique liée coupure.

Une instrumentation sur 5 élevages pourrait être mise en œuvre pour évaluer cet impact en se basant sur le dispositif suivant :

- Système de relai commandé à distance pour gérer des coupures de chauffage de période réglable (5 – 10 – 15 – 20 – 30 mn),
- Batterie de sondes température installées en plusieurs points d'une salle pour mesurer l'impact en température des coupures,
- Système de métrologie énergie pour mesurer le bilan complet de consommation d'énergie : avant, pendant et après la coupure jusqu'à retrouver les consignes normales de température. Les points mesurés seraient : le général élevage et le poste de chauffage en question.

Les relevés de courbe de température seraient discutés avec l'éleveur pour valider l'acceptabilité de l'impact. Le bilan énergie total serait analysé pour évaluer l'éventuel surcoût en énergie. Le gain sur la pointe de courbe de charge serait évalué par le système de métrologie énergie sur le général élevage.

III.3 Pompes à chaleur à variateur de vitesse

La présente étude a démontré la forte attractivité des pompes à chaleur : économies d'énergie, gain sur les consignes techniques de conduite, facilité de déploiement. Toutefois au niveau de la courbe de charge réseau, le fonctionnement par à-coups ne permet pas de réaliser d'écèlement significatif des pointes, à moins de disposer de pompes à variateurs de vitesse.

Il serait intéressant de mesurer in-situ le profil de courbe de charge d'élevages équipés en pompes à chaleur équipées de variateurs de vitesse aux fins suivantes :

- Valider le gain en écèlement de pointe par rapport à une PAC classique et par rapport à un aérotherme standard,
- Valider qu'avec un variateur de vitesse la PAC conserve un COP attractif.